М. ПЛАНКЪ.

ОТНОШЕНІЕ НОВѢЙШЕЙ ФИЗИКИ КЪ МЕХАНИСТИЧЕСКОМУ МІРОВОЗЗРѢНІЮ

Рѣчь, произнесенная во второмъ общемъ засѣданіи 82-го Съѣзда Общества Германскихъ Естествоиспытателей и Врачей 23 сент. 1910 г. въ Кенигсбергѣ.

Переводъ съ нѣмецкаго
І. Л. ЛЕВИНТОВА

подъ редакціей
„Вѣстника Опытной Физики и Элементарной математики".

1911.

Тип. Акц. Южно-Русскаго Общества Печатнаго Дѣла.
Одесса, Пушкинская, 18.

Отношеніе новѣйшей физики къ механистическому міровоззрѣнію.

Высокочтимое собраніе! Городъ, въ который мы на этотъ разъ съѣхались, какъ бы самъ собою приглашаетъ насъ окинуть взоромъ новѣйшее развитіе физическихъ теорій. Я имѣю при этомъ въ виду не только великаго Кенигсбергскаго философа, который съ геніальной смѣлостью пытался подчинить физическимъ законамъ самыя первоначала нашего космоса; я напомню также и объ основателѣ теоретической физики въ Германіи Францѣ Нейманѣ, школа котораго обогатила физическую науку рядомъ наиболѣе выдающихся изслѣдователей; я напомню еще о Германѣ Гельмгольцѣ, который возвѣстилъ принципъ сохраненія энергіи: 56 лѣтъ тому назадъ онъ выяснялъ здѣсь передъ членами Физико-Экономическаго Общества тогда еще совершенно новыя понятія о потенціальной и кинетической энергіи („сила напряженія", Spannkraft

и „живая сила“); онъ воспользовался для этой цѣли примѣромъ молота, поднятаго водяной силой и затѣмъ пущеннаго внизъ.

Съ того времени въ физикѣ, какъ всѣмъ извѣстно, произошли поразительныя, неожиданныя перемѣны. Если бы Гельмгольцъ теперь очутился между нами, то многое изъ того, что онъ услышалъ бы по вопросамъ физики, повергло бы его въ сильнѣйшее недоумѣніе. Первой причиной перемѣны явился блестящій прогрессъ экспериментальной техники. Завоеванія ея во многихъ отношеніяхъ были столь неожиданны, что въ настоящее время мы склонны считать доступными даже такія задачи, о рѣшеніи которыхъ немного десятилѣтій тому назадъ нельзя было и думать; и, вообще, принципіально теперь въ техникѣ врядъ ли еще можно считать что-либо абсолютно невозможнымъ. Но значительная доля отваги, развившейся у людей практики, сообщилась также и теоретикамъ; они теперь берутся за дѣло съ неслыханной для прежнихъ временъ смѣлостью; нѣтъ ни одного физическаго закона, который не подвергали бы въ настоящее время сомнѣнію; всѣ безъ исключенія физическія истины привлекаются къ суду критики. Иногда начинаешь думать, не наступили ли въ теоретической физикѣ времена первобытнаго хаоса!

Но чѣмъ настойчивѣе обступаетъ насъ обиліе запутанныхъ новыхъ фактовъ и пестрое разнообразіе новыхъ идей, тѣмъ острѣе чувствуется, съ другой стороны, потребность въ цѣльномъ всеобъемлющемъ міровоззрѣніи. Въ самомъ дѣлѣ, подобно тому, какъ успѣхъ каждаго эксперимента можетъ быть обезпеченъ лишь надлежащимъ расположеніемъ опытовъ, точно такъ же только цѣлесообразное физическое міровоззрѣніе можетъ дать намъ дѣйствительно полезную рабочую гипотезу, которая способствовала бы правильной постановкѣ вопросовъ. Эта потребность во всеобъединяющемъ міросозерцаніи имѣетъ существенное значеніе не только для физики, но и для всего естествознанія, такъ какъ переворотъ въ области физическихъ принциповъ не можетъ остаться безъ воздѣйствія на всѣ прочія естественныя науки.

Тѣмъ міросозерцаніемъ, которое до сихъ поръ оказывало физикѣ наиболѣе важныя услуги, безспорно является механическое. Какъ извѣстно, оно ставитъ себѣ цѣлью объяснить всѣ количественныя различія, въ концѣ концовъ, движеніями, и мы можемъ поэтому опредѣлить механистическое міросозерцаніе, какъ воззрѣніе, согласно которому всѣ физическія явленія могутъ быть сведены безъ остатка къ движеніямъ неизмѣняемыхъ матеріальныхъ точекъ или однородныхъ

элементовъ; по крайней мѣрѣ, именно въ этомъ смыслѣ я буду говорить здѣсь о механистическомъ міросозерцаніи. Сохраняетъ ли эта гипотеза и въ современной физикѣ свое основное значеніе и осуществима ли она еще?

Издавна уже многіе физики и философы считали утвердительный отвѣтъ на этотъ вопросъ не только чѣмъ-то само собой подразумѣвающимся, но чуть ли не постулатомъ физическаго изслѣдованія. Согласно этому взгляду, задача теоретической физики состоитъ непосредственно въ томъ, чтобы свести всѣ явленія природы къ движенію. Вмѣстѣ съ тѣмъ, однако, издавна же были и болѣе скептическія натуры, которыя оспаривали фундаментальный характеръ подобной формулировки задачи и считали механистическое міровоззрѣніе слишкомъ узкимъ для того, чтобы оно могло обнять пестрое многообразіе всѣхъ явленій природы. Нельзя сказать, чтобы до сихъ поръ одно изъ этихъ двухъ противоположныхъ мнѣній одержало рѣшительный перевѣсъ. Лишь въ наши дни подготовляется, повидимому, окончательное рѣшеніе, которое явится конечнымъ результатомъ глубокаго движенія, охватившаго теоретическую физику; это движеніе имѣетъ столь радикальный, столь революціонный характеръ, что волны его ударяютъ далеко за предѣлы собственно физики въ сосѣднія области химіи,

астрономіи и даже теоріи познанія, возвѣщая о грядущей научной борьбѣ, съ которой въ лѣтописяхъ мысли можетъ сравниться лишь борьба за систему Коперника. Что привело къ этой революціи и каковъ вѣроятный выходъ изъ вызваннаго ею кризиса, это я попытаюсь сейчасъ изложить.

Время расцвѣта механистическаго міросозерцанія относится къ прошлому столѣтію. Своимъ первымъ мощнымъ толчкомъ къ развитію оно обязано открытію принципа сохраненія энергіи; больше того, оно неоднократно, особенно въ первое время послѣ открытія этого принципа, даже отождествлялось съ послѣднимъ. Это недоразумѣніе обусловливалось тѣмъ обстоятельствомъ, что этотъ принципъ очень легко выводится съ точки зрѣнія механистическаго міровоззрѣнія: въ самомъ дѣлѣ, если всякая энергія — механической природы, то принципъ сохраненія энергіи, по существу, есть не что иное, какъ давно уже извѣстный въ механикѣ законъ живыхъ силъ. Съ этой точки зрѣнія въ природѣ существуютъ вообще только два рода энергіи, кинетическая и потенціальная, и задача сводится лишь къ тому, чтобы для даннаго вида энергіи — напримѣръ, теплоты, электричества или магнитизма — рѣшить, имѣетъ ли она кинетическую или же потенціальную природу. Такова въ точности

точка зрѣнія Гельмгольца въ его первомъ открывшемъ новую эпоху мемуарѣ о сохраненіи силы. Лишь спустя нѣкоторое время поняли, что положеніе о сохраненіи энергіи еще ничего не говоритъ о самой природѣ энергіи; впрочемъ, послѣднюю мысль еще съ самаго начала отстаивалъ, какъ извѣстно, Юлій Робертъ Майеръ, который первый нашелъ механическій эквивалентъ теплоты.

По существу же упроченію механистическаго воззрѣнія содѣйствовало развитіе кинетической теоріи газовъ. Послѣднее весьма счастливымъ образомъ совпало съ направленіемъ, по которому пошло тогда химическое изслѣдованіе. Въ химіи задача объ установленіистрогаго различія между понятіями „молекула“ и „атомъ“ привела къ предложенію Авогадро, какъ наиболѣе цѣлесообразному опредѣленію газообразной молекулы; и какъ разъ это же предложеніе строго вытекаетъ, какъ оказалось, изъ кинетической теоріи газовъ, если ввести живую силу движущихся молекулъ, какъ мѣру температуры. Такимъ образомъ, оказалось возможнымъ на основаніи атомистическихъ представленій съ помощью механистическихъ соображеній выяснить достаточно подробно явленія диссоціаціи и ассоціаціи, изомеріи и оптической активности молекулъ съ

такимъ же успѣхомъ, какъ и физическіе процессы тренія, диффузіи и теплопроводности.

Правда, оставался неразрѣшеннымъ послѣдній и самый важный вопросъ о томъ, какъ объяснить движеніями различіе между химическими элементами. Но и въ этой области расцвѣла надежда: періодическая система ясно указывала, повидимому, на то, что, въ концѣ концовъ, существуетъ лишь *одинъ* родъ вещества; хотя гипотеза *Пру*, по которой этой первоначальной матеріей является водородъ, оказалась несостоятельной, такъ какъ атомные вѣса отнюдь не представляютъ собой цѣлыхъ кратныхъ атомнаго вѣса водорода, но все же оставалась еще возможность допустить, что первичные атомы, изъ которыхъ построены всѣ химическіе элементы, имѣютъ еще меньшую величину, и такимъ путемъ удержать мысль о единствѣ первичнаго вещества.

Одно время казалось, что атомистической теоріи грозитъ серьезная опасность со стороны ученія объ энергіи, а именно — отъ чистой термодинамики. Если уже принципъ сохраненія энергіи, какъ мы указали выше, отнюдь не требуетъ признанія механистическаго воззрѣнія, то второе начало термодинамики и его разнообразныя приложенія, въ особенности въ области физической химіи, породили даже нѣкоторое недовѣріе къ атомистикѣ. Общія предложенія, которыя съ совер-

шенной точностью и во всей своей полнотѣ легко получаются изъ чистой термодинамики,— напримѣръ, законы о теплотѣ, законы парообразованія и плавленія, осмотическаго давленія, электролитической диссоціаціи, пониженія точки замерзанія и повышенія точки кипѣнія,—при помощи атомистическихъ представленій могли быть выведены лишь съ большимъ трудомъ и только съ извѣстнымъ приближеніемъ; особенно это замѣтно въ области жидкостей и твердыхъ тѣлъ, гдѣ атомистика вообще не пустила еще глубокихъ корней, тогда какъ термодинамика со своими методами подчинила себѣ въ равной степени всѣ три аггрегатныхъ состоянія вещества, и какъ разъ въ области жидкихъ растворовъ достигла самыхъ блестящихъ результатовъ. Для механистическаго міровоззрѣнія особенно много затрудненій представляла необратимость явленій природы, такъ какъ въ механикѣ всѣ явленія обратимы; только глубокому анализу и упорному научному оптимизму такого мыслителя, какъ Людвигъ Больцманъ, удалось не только примирить атомистику со вторымъ началомъ теоріи теплоты, но даже сдѣлать съ помощью атомистики понятной основную идею этого начала. Для приверженцевъ же чистой термодинамики всѣ эти вопросы не представляли никакой трудности или, лучше сказать, не суще-

ствовали вовсе, такъ какъ они вовсе отрицали задачу о сведеніи термической и химической энергіи къ механистической, но довольствовались допущеніемъ, что существуютъ различные роды энергіи; по поводу этого обстоятельства Больцманъ какъ-то замѣтилъ съ горечью, что кинетическая теорія газовъ, какъ ему кажется, вышла уже изъ моды. Немного лѣтъ спустя онъ уже, конечно, не сказалъ бы этого, ибо какъ разъ около того времени кинетическая теорія газовъ начала дѣлать успѣхи, которые во всякомъ случаѣ не уступали всѣмъ прежнимъ завоеваніямъ ея.

Прежде всего чистая термодинамика скоро достигла своихъ естественныхъ границъ. Дѣйствительно, такъ какъ второе начало въ общемъ видѣ даетъ лишь неравенство, то равенства могутъ быть выведены изъ него лишь для состояній равновѣсія, — въ этомъ случаѣ, правда, съ полной общностью и точностью. Но какъ только мы покинемъ эту область и пожелаемъ прослѣдить ходъ физическихъ или химическихъ процессовъ во времени, второе начало можетъ указать намъ лишь направленіе, а также нѣсколько количественныхъ данныхъ для такихъ процессовъ, которые весьма мало удаляются отъ состоянія равновѣсія; но оно не даетъ доступнаго количественному опредѣленію значенія скоростей

реакціи, и еще меньше мы можемъ ожидать отъ него въ смыслѣ ознакомленія съ подробной картиной соотвѣтственныхъ процессовъ. Въ этомъ отношеніи намъ могутъ помочь только атомистическія представленія, и послѣднія, дѣйствительно, во всѣхъ направленіяхъ оправдали возлагавшіяся на нихъ надежды. Особенно важное значеніе они пріобрѣли для законовъ іонизаціи и, вообще, всѣхъ тѣхъ явленій, въ которыхъ играютъ роль электроны. Достаточно будетъ простого указанія, что вообще въ такихъ обширныхъ областяхъ, какъ дисперсія, катодные и рёнтгеновы лучи, а также все ученіе о радіоактивности, явленія могутъ быть поняты вообще лишь на почвѣ кинетической атомистики.

Даже въ области, которая всегда считалась безспорнымъ достояніемъ термодинамики, въ состояніяхъ равновѣсія и стаціонарныхъ состояніяхъ, кинетическая теорія пролила свѣтъ на многіе вопросы, которыхъ чистая термодинамика не могла выяснить. Кинетическая теорія сдѣлала болѣе понятнымъ испусканіе и поглощеніе тепловыхъ лучей, а своимъ объясненіемъ такъ называемаго Броуновскаго молекулярнаго движенія*) она дала непосредственное и, такъ ска-

---

*) См. статью А. Іоллоса въ №№ 520 и 521 „Вѣстника“.

зать, осязатольное доказательство своей состоятельности и необходимости и такимъ образомъ совсѣмъ лишь недавно одержала свою самую блестящую побѣду. Коротко говоря, въ области ученія о теплотѣ, химіи и теоріи электроновъ кинетическая атомистика является уже не рабочей гипотезой лишь, но прочно и надолго обоснованной теоріей.

Въ какомъ же положеніи находится теперь механистическое міровоззрѣніе? Вѣдь оно не можетъ довольствоваться атомистическимъ пониманіемъ матеріи и электричества, но идетъ далѣе и требуетъ, чтобы всѣ процессы природы были истолкованы, какъ движенія матеріальныхъ точекъ.

Самый грандіозный, но и послѣдній опытъ свести принципіально всѣ явленія природы къ движенію мы находимъ въ механикѣ Генриха Герца. Стремленіе механистическаго міровоззрѣнія къ проникнутой единствомъ міровой картинѣ здѣсь получило, можно сказать, идеальное завершеніе. Механика Герца собственно есть не физика настоящаго, но физика будущаго, или, такъ сказать, своего рода физическое вѣроисповѣданіе. Она ставитъ передъ нами программу, величественную по своей послѣдовательности и гармоніи, оставляющую позади себя всѣ прежнія попытки этого рода. Герцъ не довольствуется

тѣмъ, что постулируетъ возможность провести механистическое міровоззрѣніе, основываясь на допущеніи движеній простыхъ однородныхъ матеріальныхъ точекъ, единственныхъ настоящихъ кирпичей, изъ которыхъ построена вся физическая вселенная: онъ идетъ еще дальше, чѣмъ Гельмгольцъ въ своей статьѣ о сохраненіи силы, такъ какъ онъ вмѣстѣ съ различіемъ между потенціальной энергіей и кинетической заранѣе исключаетъ всѣ тѣ проблемы, которыя имѣютъ отношеніе къ изслѣдованію спеціальныхъ видовъ энергіи. По Герцу существуетъ одинъ только видъ матеріи, матеріальныя точки, и точно такъ же одинъ только видъ энергіи, а именно—кинетическая. Всѣ другіе виды энергіи, которые мы называемъ, напримѣръ, потенціальной энергіей, электромагнитной, химической, термической, въ дѣйствительности представляютъ собой кинетическую энергію движеній невидимыхъ матеріальныхъ точекъ; столь большое различіе въ свойствахъ этихъ видовъ энергіи обусловливается исключительно неизмѣняемыми связями, которыя существуютъ въ природѣ между положеніями и скоростями соотвѣтственныхъ матеріальныхъ точекъ. Эти связи отнюдь не ослабляютъ дѣйствія принципа энергіи, такъ какъ онѣ вліяютъ только на направленіе движеній, но не на величину живыхъ силъ подобно тому, какъ желѣзнодорож-

ные рельсы даютъ поѣзду другое направленіе, но не замедляютъ его. Такимъ образомъ, по Герцу всѣ движенія въ природѣ основаны исключительно на инертности матеріи. Хорошій примѣръ для выясненія этого представленія даетъ намъ кинетическая теорія газовъ: энергію упругости покоющихся газовыхъ частицъ, до тѣхъ поръ считавшуюся потенціальной, она замѣняетъ кинетической энергіей подвижныхъ газовыхъ частицъ. Благодаря этому радикальному упрощенію предпосылокъ предложенія механики Герца отличаются удивительной простотой и наглядностью.

Но при ближайшемъ разсмотрѣніи оказалось, что трудности не уничтожены, но лишь отодвинуты, и при томъ въ такую область, которая почти недоступна для опытной провѣрки. Герцъ самъ, должно быть, чувствовалъ это, такъ какъ онъ ни разу даже не пробовалъ указать въ какомъ-нибудь опредѣленномъ и простомъ случаѣ, какого вида введенныя имъ невидимыя движенія и ихъ своеобразныя связи; это обстоятельство отмѣтилъ также Гельмгольцъ въ своемъ предисловіи къ посмертному труду Герца. Да и въ настоящее время мы ни на одинъ шагъ не подвинулись еще въ этомъ направленіи; напротивъ, какъ мы увидимъ, развитіе физики пошло за это время по совершенно другимъ путямъ,

которые сильно разошлись не только съ воззрѣніями Герца, но и съ механистическимъ направленіемъ вообще. Въ самомъ дѣлѣ, какъ разъ между тѣми физическими процессами, которые изслѣдованы съ самой большой точностью, существуетъ большая группа, представляющая, повидимому, непреодолимое препятствіе для проведенія механистическаго воззрѣнія.

Я сейчасъ перехожу къ самому больному мѣсту механической теоріи: къ свѣтовому эѳиру. Стремленія объяснить свѣтовыя волны, какъ движенія чрезвычайно тонкаго вещества, заполняющаго все пространство, столь же стары, какъ волнообразная теорія Гюйгенса, и съ того времени образовался цѣлый рядъ пестрыхъ представленій, которыя имѣли своей цѣлью объяснить строеніе этой загадочной среды*). Для механистическаго міровоззрѣнія существованіе матеріальнаго свѣтового эѳира является необходимымъ постулатомъ, потому что по этому воззрѣнію тамъ, гдѣ есть энергія, должно также быть движеніе, а гдѣ есть движеніе, должно быть нѣчто, совершающее движеніе. Но тѣмъ сильнѣе бросалось въ глаза рѣзкое отличіе эѳира отъ всѣхъ другихъ веществъ, начиная хотя бы съ чрезвычайно малой

*) См. О. Лоджъ. „Міровой эѳиръ". „Вѣстникъ", №№ 512, 514, 515, 516, 518, 520, 522 и 523.

плотности его въ сравненіи съ его необыкновенно большой упругостью, обусловливающей огромную скорость распространенія свѣтовыхъ волнъ. По Гюйгенсу, который считалъ свѣтовыя волны продольными, еще можно было представлять себѣ свѣтовой эѳиръ, какъ разрѣженный газъ; по Френелю же, который доказалъ поперечность колебаній, эѳиръ долженъ быть отнесенъ къ твердымъ тѣламъ, потому что въ газообразномъ эѳирѣ поперечныя свѣтовыя волны не могли бы распространяться. Хотя неоднократно дѣлались попытки объяснять поперечныя волны явленіями, которыя напоминаютъ треніе и могутъ, слѣдовательно, имѣть мѣсто и въ газахъ, однако, этотъ взглядъ оказывается непріемлемымъ уже по тому, что въ свободномъ эѳирѣ нельзя доказать ни поглощенія свѣта, ни зависимости скорости распространенія отъ цвѣта. Такимъ образомъ, пришлось допустить существованіе твердаго тѣла, обладающаго тѣмъ страннымъ свойствомъ, что небесныя тѣла проходятъ черезъ него безъ всякаго сколько-нибудь замѣтнаго сопротивленія. Но эта трудность была лишь началомъ. Каждая попытка приложить къ свѣтовому эѳиру уравненія теоріи упругости твердыхъ тѣлъ приводила къ требованію продольныхъ волнъ, которыя въ дѣйствительности не существуютъ; ихъ нельзя было открыть, по крайней мѣрѣ, несмотря на неустанные поиски, кото-

рые велись съ напряженнымъ усиліемъ и весьма разнообразными способами; отъ этихъ продольныхъ волнъ можно было избавиться только путемъ допущенія либо безконечно-малой, либо же безконечно-большой сжимаемости свѣтового эѳира. Но и при такомъ допущеніи невозможно было удовлетворить полностью всѣмъ предѣльнымъ условіямъ на раздѣльной поверхности между двумя разнородными средами.

Я не буду останавливаться здѣсь на описаніи всѣхъ болѣе или менѣе сложныхъ допущеній различнаго рода, съ помощью которыхъ изслѣдователи пытались устранить эти трудности; я укажу лишь на одинъ непріятный симптомъ, который обыкновенно сопровождаетъ безплодныя гипотезы и сильно даетъ себя чувствовать и въ настоящей проблемѣ: я имѣю въ виду возникновеніе между физиками споровъ, которые не могутъ быть разрѣшены никакими опытами. Сюда относится прежде всего знаменитый споръ между Френелемъ и Нейманомъ о зависимости между направленіемъ колебаній прямолинейно поляризованнаго свѣта и плоскостью поляризаціи.

Врядъ ли въ какой-нибудь другой области физики вопросъ, въ сущности своей, повидимому, неразрѣшимый, вызвалъ когда-либо столь ожесточенную борьбу, въ которой были пущены въ ходъ всѣ роды оружія опыта и теоріи.

Лишь послѣ того, какъ получила господство электромагнитная теорія свѣта, этотъ споръ былъ прекращенъ, какъ не имѣющій значенія; послѣднее, правда, по мнѣнію тѣхъ только физиковъ, которые ограничиваются тѣмъ, что разсматриваютъ свѣтъ, какъ электромагнитное явленіе. Дѣйствительно, задача о механическомъ объясненіи свѣтовыхъ волнъ осталась не рѣшенной; она была лишь отложена впредь до разрѣшенія гораздо болѣе общей проблемы о сведеніи всѣхъ электромагнитныхъ процессовъ — какъ статическихъ, такъ и динамическихъ — къ движенію. Въ самомъ дѣлѣ, съ дальнѣйшимъ развитіемъ электродинамики интересъ къ этой болѣе общей проблемѣ снова усилился въ значительной степени. Къ разрѣшенію ея стали подходить съ болѣе обширнымъ матеріаломъ, исходя изъ болѣе общихъ соображеній, и вмѣстѣ съ тѣмъ опять возросло значеніе свѣтового эѳира: теперь онъ являлся носителемъ не только оптическихъ волнъ, какъ до сихъ поръ, но всѣхъ вообще электромагнитныхъ явленій,— по крайней мѣрѣ, въ чистомъ вакуумѣ.

Но все было напрасно: опять, несмотря на всѣ усилія, свѣтовой эѳиръ никакъ не поддавался механической интерпретаціи. Выяснилось, правда, то обстоятельство, что электрическая энергія и магнитная въ извѣстномъ смыслѣ относятся одна къ другой, какъ кинетическая энергія и потен-

ціальная, и на первыхъ порахъ казалось, что остается только рѣшить вопросъ, электрическую ли энергію слѣдуетъ считать кинетической или магнитную. Первое привело бы въ оптикѣ къ подтвержденію теоріи Френеля, второе говорило бы въ пользу теоріи Неймана. Однако, надежда, что привлеченіе свойствъ статическихъ и стаціонарныхъ полей доставитъ необходимую опору для рѣшенія этого вопроса, оказавшагося неразрѣшимымъ въ предѣлахъ оптики, — не осуществилась. Наоборотъ, благодаря новой постановкѣ вопроса трудности возросли въ еще бо́льшей степени. Были исчерпаны рѣшительно всѣ мыслимыя комбинаціи и предположенія, чтобы раскрыть строеніе свѣтового эѳира, при чемъ изъ великихъ физиковъ особенно много работалъ въ этомъ направленіи лордъ Кельвинъ, не оставлявшій этой задачи до самой своей смерти; оказалось, однако, невозможнымъ вывести электродинамическіе процессы въ свободномъ эѳирѣ изъ одной цѣльной механической гипотезы, тогда какъ дифференціальныя уравненія Максвелла-Герца представляютъ намъ эти же самые процессы съ удивительной простотой и испытанной точностью вплоть до всѣхъ подробностей. Такимъ образомъ, самые законы были извѣстны до мельчайшихъ подробностей, но механическое объясненіе этихъ простыхъ законовъ

никакъ не удавалось; мало того, приходится разъ навсегда отказаться отъ всякой надежды на успѣхъ! По крайней мѣрѣ, я думаю, что не вызову серьезныхъ возраженій со стороны физиковъ, если скажу коротко, что предположеніе о точномъ соотвѣтствіи съ дѣйствительностью простыхъ дифференціальныхъ уравненій Максвелла-Герца для электродинамическихъ процессовъ въ чистомъ эѳирѣ исключаетъ возможность механическаго объясненія послѣднихъ. Это положеніе вещей нисколько не измѣняется, конечно, отъ того, что Максвеллъ первоначально пришелъ къ своимъ уравненіямъ съ помощью механическихъ представленій. Это не первый случай, когда логически небезупречный ходъ мыслей приводилъ къ совершенно правильному результату. Кто въ настоящее время желаетъ оставаться при механистическомъ пониманіи электродинамическихъ явленій въ свободномъ эѳирѣ, тотъ вынужденъ разсматривать уравненія Максвелла-Герца, какъ не совсѣмъ точныя, и присоединить къ нимъ для точности нѣсколько членовъ низшаго порядка. Заранѣе ничего, конечно, нельзя возразить противъ законности такой точки зрѣнія, и здѣсь еще открывается богатое поле для умозрѣній всякаго рода; но, съ другой стороны, слѣдуетъ принять во вниманіе, что она можетъ быть обоснована лишь опытнымъ путемъ, и что при всякой

подобной попыткѣ весьма велика вѣроятность, что къ разнообразнымъ безуспѣшнымъ экспериментамъ, придуманнымъ раньше, прибавится еще одинъ новый. Объ экспериментахъ этого рода я уже говорилъ; объ одномъ лишь я еще не упомянулъ, и это важнѣйшій изъ всѣхъ, потому что значеніе его совершенно не зависитъ отъ всѣхъ болѣе частныхъ допущеній относительно природы свѣтового эѳира.

Дѣйствительно, чтó бы мы ни думали о строеніи свѣтового эѳира, будемъ ли мы представлять себѣ его непрерывнымъ или прерывнымъ, состоящимъ изъ „эѳирныхъ атомовъ“ или „нейтроновъ“, во всѣхъ случаяхъ является вопросъ, увлекаетъ ли съ собой движущееся прозрачное тѣло находящійся въ немъ свѣтовой эѳиръ, или же свѣтовой эѳиръ во время движенія тѣла весь или частью остается въ покоѣ. На этотъ вопросъ можно съ увѣренностью отвѣтить лишь, что свѣтовой эѳиръ, во всякомъ случаѣ, не всегда цѣликомъ увлекается тѣломъ, а иногда даже совсѣмъ почти не увлекается. Въ самомъ дѣлѣ, въ движущемся газѣ — напримѣръ, въ движущемся воздухѣ — распространеніе свѣта явно не зависитъ отъ скорости газа, или, выражаясь образно, свѣтъ идетъ противъ вѣтра съ такой же самой скоростью, какъ и по вѣтру. Это доказалъ Физо своими тонкими интерференціонными опытами еще въ серединѣ прош-

лаго столѣтія. Мы должны, слѣдовательно, представлять себѣ, что эѳиръ, въ которомъ распространяются свѣтовыя волны, не испытываетъ замѣтнаго вліянія со стороны движущагося воздуха, но остается въ покоѣ въ то время, какъ воздухъ проносится сквозь него. Но въ такомъ случаѣ естественно возникаетъ другой вопросъ: какъ велика скорость, съ которой атмосферный воздухъ проходитъ сквозь эѳиръ?

Это и есть тотъ вопросъ, на который до сихъ поръ ни въ одномъ случаѣ никакое измѣреніе не могло дать отвѣта. Окружающій землю атмосферный воздухъ въ общемъ участвуетъ въ движеніи земли; это даетъ по отношенію къ солнцу скорость, величина которой равна около 30 *км.* въ секунду, а направленіе непрерывно мѣняется въ зависимости отъ времени года. Хотя эта скорость составляетъ всего лишь одну десятитысячную часть скорости свѣта, мы въ состояніи, однако, придумать оптическіе опыты, которые, судя по всему уровню нашихъ оптическихъ знаній, давали бы возможность измѣрить скорость такого порядка. Изслѣдованія, относящіяся къ измѣренію движенія земли по отношенію къ свѣтовому эѳиру, заполняютъ много страницъ физическихъ журналовъ. Но все затраченное остроуміе и экспериментальное искусство разбивалось объ упорство фактовъ. Природа оставалась нѣмой и отказывалась отвѣчать.

Нигдѣ внутри нашей атмосферы нельзя было обнаружить никакихъ слѣдовъ вліянія движенія земли на оптическія явленія. Въ этомъ отношеніи особенно поразителенъ результатъ опыта А. Майкельсона. Въ этомъ опытѣ распространеніе свѣта въ направленіи движенія земли сравнивается съ распространеніемъ свѣта поперекъ направленія движенія земли *). Принципъ опыта отличается столь необыкновенной простотой, а методъ измѣренія такой чрезвычайной чувствительностью, что вліяніе движенія земли должно было бы обнаружиться совершенно явственно. Тѣмъ не менѣе ожидаемаго дѣйствія не получается.

Въ виду большихъ трудностей и загадокъ, къ которымъ такое положеніе вещей приводитъ теоретическую физику, вполнѣ естественно является вопросъ, не лучше ли будетъ попробовать подойти къ проблемѣ свѣтового эѳира съ совершенно другой стороны. Не окажется ли тогда, что неудача всѣхъ опытовъ, относящихся къ механическимъ свойствамъ свѣтового эѳира, имѣетъ принципіальное основаніе? Не окажется ли, что всѣ изложенные нами вопросы о строеніи, плотности и упругихъ свойствахъ эѳира, о продоль-

*) См. „Міровой эѳиръ" проф. О. Лоджа въ № 520 „Вѣстника".

ныхъ эѳирныхъ волнахъ, о связи между скоростью эѳира и плоскостью поляризаціи, о скорости земной атмосферы по отношенію къ эѳиру—не имѣютъ, съ точки зрѣнія физики, никакого смысла? Въ такомъ случаѣ попытки разрѣшить эти вопросы пришлось бы поставить рядомъ, напримѣръ, съ попытками построить perpetuum mobile. Здѣсь мы подошли къ рѣшающему поворотному пункту.

Гельмгольцъ въ своей Кёнигсбергской рѣчи, о которой я упомянулъ вначалѣ, особенно подчеркиваетъ то обстоятельство, что первымъ шагомъ къ открытію принципа энергіи послужило возникновеніе вопроса: какія соотношенія должны существовать между силами природы, если построеніе perpetuum mobile слѣдуетъ признать невозможнымъ. Съ такимъ же правомъ можно выставить утвержденіе, что первый шагъ къ открытію принципа относительности совпадаетъ съ вопросомъ: какія соотношенія должны существовать между силами природы, если признать, что невозможно обнаружить въ свѣтовомъ эѳирѣ какія-либо свойства вещества? Къ какимъ выводамъ приведетъ предположеніе, что свѣтовыя волны распространяются черезъ пространство безъ всякаго посредства матеріальнаго носителя? Конечно, въ этомъ случаѣ скорость движущагося тѣла по отношенію къ свѣтовому эѳиру не только была бы недоступна измѣренію, но и вообще

была бы понятіемъ безъ опредѣленнаго содержанія.

Само собой понятно, что такой взглядъ совершенно несовмѣстимъ съ механистическимъ міровоззрѣніемъ, и тотъ, кто считаетъ послѣднее постулатомъ физическаго мышленія, никогда не помирится съ теоріей относительности. Люди же, болѣе свободные въ своихъ сужденіяхъ, прежде всего спросятъ, куда ведетъ насъ названный принципъ. Оказывается сейчасъ же, что данная нами чисто отрицательная формулировка новаго принципа пріобрѣтаетъ плодотворное содержаніе лишь при условіи сочетанія этого принципа съ положительнымъ основаніемъ, заимствованнымъ изъ опыта; въ качествѣ такого основанія лучше всего годятся упомянутыя уже нами уравненія Максвелла-Герца для электродинамическихъ процессовъ въ свободномъ эѳирѣ, или, какъ теперь лучше говорятъ, въ чистомъ вакуумѣ. Дѣйствительно, между всѣми срединами вакуумъ является самой простой, какую только можно себѣ представить, и сообразно съ этимъ во всей физикѣ, за исключеніемъ общихъ принциповъ, мы не знаемъ никакихъ другихъ соотношеній, которыя касались бы явленій столь тонкой природы и вмѣстѣ съ тѣмъ были бы вѣрны съ такой точностью, какъ эти уравненія.

Однако, каждой новой истинѣ приходится на первыхъ порахъ бороться съ извѣстными трудностями, такъ какъ въ противномъ случаѣ она была бы открыта гораздо раньше. Въ теоріи относительности главное затрудненіе заключается въ томъ, что слѣдствіе изъ нея приводитъ къ коренному, можно даже сказать, революціонному перевороту въ нашемъ понятіи о времени. Я позволю себѣ ближе выяснить этотъ кардинальный пунктъ на одномъ конкретномъ примѣрѣ.

Согласно принципу относительности совершенно невозможно обнаружить въ нашей солнечной системѣ путемъ измѣреній внутри ея какую-либо постоянную скорость всѣхъ составныхъ частей ея. Такая скорость, сколь бы она ни была велика, по существу не могла бы, слѣдовательно, никакимъ образомъ проявиться въ какихъ-либо дѣйствіяхъ внутри системы. Для астронома это положеніе не требуетъ дальнѣйшихъ поясненій, но и физикъ тоже долженъ освоиться съ справедливостью его. Всѣ образованные люди знаютъ, что при наблюденіи какого-либо особеннаго явленія на нѣкоторомъ небесномъ тѣлѣ — напримѣръ, на солнцѣ — это явленіе совершается на солнцѣ не въ тотъ самый моментъ, въ который оно воспринимается наблюдателемъ на землѣ, но между явленіемъ и наблюденіемъ должно пройти нѣкоторое время: промежутокъ, въ теченіе котораго

свѣтъ проходитъ разстояніе отъ солнца до земли. Если мы допустимъ, что солнце и земля оба находятся въ покоѣ, — движенія земли вокругъ солнца мы можемъ совершенно не принимать здѣсь во вниманіе, — то этотъ промежутокъ времени составитъ около восьми минутъ. Если же солнце и земля движутся съ одинаковой скоростью, напримѣръ, въ направленіи отъ земли къ солнцу, такъ что земля несется къ солнцу, а солнце съ такой же скоростью уносится отъ земли, то это время короче. Дѣйствительно, послѣ того какъ свѣтовая волна, несущая землѣ вѣсть о происшествіи на солнцѣ, покидаетъ солнце, она пробѣгаетъ свой путь въ междупланетномъ пространствѣ со скоростью свѣта независимо отъ движенія солнца, земля же идетъ навстрѣчу вѣстнику, такъ что эта волна прибудетъ на землю раньше, чѣмъ въ томъ случаѣ, если бы земля ожидала прибытія ея, находясь въ покоѣ. Обратно, если земля движется отъ солнца, а солнце слѣдуетъ за ней на одномъ и томъ же разстояніи, то время между моментомъ явленія и моментомъ наблюденія будетъ болѣе продолжительнымъ.

Итакъ, если мы спросимъ, какой же промежутокъ протекаетъ „въ дѣйствительности" между явленіемъ на солнцѣ и наблюденіемъ на землѣ, то такой вопросъ совершенно равнозначущъ съ вопросомъ: какова же „дѣйствительная" скорость

солнца и земли? Но такъ какъ, по принципу относительности, послѣдній вопросъ лишенъ всякаго физическаго смысла, то это же самое слѣдуетъ сказать и относительно перваго вопроса, или другими словами: показаніе времени имѣетъ въ физикѣ опредѣленный смыслъ лишь въ томъ случаѣ, если принято въ расчетъ состояніе скорости наблюдателя, для котораго это показаніе должно имѣть силу.

Это слѣдствіе, согласно которому величина, измѣряющая время такъ же, какъ и скорость, можетъ имѣть лишь относительное значеніе, такъ что въ случаѣ двухъ не зависящихъ одно отъ другого событій въ различныхъ мѣстахъ понятія „раньше“ и „позже“ для двухъ различныхъ наблюдателей могутъ быть замѣнены одно другимъ, звучитъ весьма странно для нашего воображенія и кажется чѣмъ-то совершенно непріемлемымъ! Но, быть можетъ, не менѣе непріемлемымъ казалось пять вѣковъ тому назадъ утвержденіе, что направленіе, которое мы называемъ вертикальнымъ, не обладаетъ абсолютнымъ постоянствомъ, но за каждые 24 часа описываетъ въ пространствѣ конусъ. Хотя во многихъ случаяхъ требованіе наглядности является вполнѣ законнымъ, но иногда оно становится вреднымъ препятствіемъ, особенно для проникновенія въ науку новыхъ великихъ идей. Несомнѣнно, что множество плодо-

творныхъ физическихъ идей выросло на почвѣ наглядныхъ представленій, но не менѣе часто новыя мысли, и при томъ не изъ худшихъ, должны были завоевать себѣ мѣсто лишь въ упорной борьбѣ съ традиціонными представленіями.

Каждый изъ насъ, вѣроятно, хорошо еще помнитъ изъ своего дѣтства, какъ трудно было для нашего дѣтскаго воображенія представить себѣ, что на земномъ шарѣ живутъ люди, обращенные къ намъ ногами, что эти люди не хуже насъ расхаживаютъ по землѣ, не падаютъ съ земного шара внизъ головою и даже не испытываютъ непріятныхъ приливовъ крови къ головѣ. Но если кто-нибудь въ настоящее время выставилъ бы недостаточную наглядность, какъ существенный доводъ противъ относительнаго характера всѣхъ пространственныхъ направленій, то онъ былъ бы, конечно, встрѣченъ насмѣшками. Я не увѣренъ, что черезъ пять вѣковъ послѣ насъ такая же судьба не постигнетъ того, кто вздумаетъ тогда усомниться въ относительномъ характерѣ времени.

Масштабъ для оцѣнки новой физической гипотезы заключается не въ наглядности ея, но въ плодотворности. Если гипотеза оказывается плодотворной, то съ ней осваиваются, и затѣмъ она постепенно сама собой пріобрѣтаетъ извѣстную степень наглядности. Когда электромагнитныя

дѣйствія были еще не вполнѣ изслѣдованы, господствовало убѣжденіе, что для полученія нагляднаго представленія о гальваническомъ токѣ, электромагнитныхъ силахъ и магнитныхъ силовыхъ линіяхъ невозможно обойтись безъ образовъ текущей воды, гидравлическихъ насосовъ и натянутыхъ резиновыхъ нитей. Въ настоящее же время электротехники, въ большинствѣ случаевъ, не хотятъ вовсе знать этихъ несовершенныхъ аналогій, предпочитая въ своей работѣ пользоваться непосредственно электромагнитными представленіями, которыя уже стали для нихъ привычными. Мало того, иногда физики прибѣгаютъ, наоборотъ, къ электромагнитнымъ аналогіямъ, чтобы придать бо́льшую наглядность сложнымъ случаямъ токовъ въ жидкостяхъ, — напримѣръ, Гельмгольцевымъ вихревымъ движеніямъ.

Что можно сказать въ данномъ отношеніи о теоріи относительности? Она несомнѣнно предъявляетъ силѣ воображенія физиковъ чрезвычайно широкія требованія, но зато методы ея удобны и универсальны и, что важнѣе всего, даютъ вполнѣ опредѣленные результаты, сравнительно легко формулируемые. Изъ піонеровъ въ этой новой области на первомъ мѣстѣ слѣдуетъ назвать Гендрика Антона Лоренца, который придумалъ понятіе объ относительномъ или „мѣст-

номъ" времени *) и ввелъ его въ электродинамику, хотя и не развилъ его до слишкомъ радикальныхъ выводовъ, затѣмъ Альберта Эйнштейна, который первый нашелъ въ себѣ достаточно смѣлости, чтобы провозгласить относительность всѣхъ показаній времени, какъ универсальный постулатъ, и, наконецъ, Германа Минковскаго, которому удалось возвести теорію относительности на степень цѣльной математической системы.

Не случайно, конечно, что особеннымъ интересомъ эти абстрактныя проблемы пользуются со стороны математиковъ, которые преимущественно и занимаются разработкой ихъ, особенно послѣ того, какъ обнаружилось, что рѣшающую роль въ этой области играютъ совершенно такіе же математическіе методы, какіе были выработаны въ четырехмѣрной геометріи. Но и свободные отъ предразсудковъ чистокровные экспериментальные физики отнюдь не враждебно настроены къ этой теоріи: они спокойно выжидаютъ дальнѣйшаго развитія ея, и вопросъ о своемъ отношеніи къ ней ставятъ въ зависимость лишь отъ тѣхъ результатовъ, которые дастъ экспериментальная провѣрка. Въ этомъ отношеніи слѣдуетъ отмѣ-

*) См. статью Г. Пуанкаре „Новая механика" въ № 505 „Вѣстника".

тить, что, хотя число физическихъ слѣдствій, вытекающихъ изъ теоріи относительности, весьма велико, однако, провѣрка ихъ требуетъ такой точности измѣреній, которая стоитъ у крайняго предѣла досягаемости экспериментальныхъ инструментовъ. Это обусловливается прежде всего тѣмъ обстоятельствомъ, что скорости тѣлъ, служащихъ намъ для измѣреній, вообще чрезвычайно малы въ сравненіи со скоростью свѣта. Самыя быстрыя движенія мы встрѣчаемъ у электроновъ; поэтому въ области динамики электроновъ слѣдуетъ ожидать первыхъ положительныхъ и надежныхъ результатовъ. Съ другой стороны, съ теченіемъ времени сила инструментовъ возрастаетъ, точность измѣреній повышается и провѣрка теоріи дѣлается болѣе тонкой и глубокой. Въ данномъ случаѣ дѣло обстоитъ совершенно такимъ же образомъ, какъ и въ приведенномъ нами сравненіи съ фигурой нашей планеты. Если бы радіусъ земли не былъ столь великъ въ сравненіи со всѣми тѣми длинами, съ которыми мы имѣемъ дѣло въ нашихъ опытахъ, то шарообразная форма земли и относительность всѣхъ пространственныхъ направленій несомнѣнно были бы признаны гораздо раньше.

Но значеніе этой дважды указанной мною аналогіи между пространствомъ и временемъ идетъ гораздо глубже. Это больше, чѣмъ аналогія, это — тождественность, по крайней мѣрѣ, въ математи-

ческомъ смыслѣ. Главнымъ образомъ, Минковскому мы обязаны доказательствомъ положенія, что, если измѣрять величины времени надлежащей мнимой единицей, то три измѣренія пространства и единственное измѣреніе времени входятъ въ основные физическіе законы абсолютно симметрическимъ образомъ. Согласно этому, переходъ отъ одного пространственнаго направленія къ другому съ математической и физической точки зрѣнія совершенно равносиленъ переходу отъ одной скорости къ другой, и ученіе объ относительномъ значеніи всякаго состоянія скорости (Geschwindigkeitszustand) является лишь дополненіемъ къ ученію объ относительности всякаго пространственнаго направленія. Какъ послѣднее ученіе завоевало себѣ всеобщее признаніе лишь послѣ долгой борьбы, такъ и первое ученіе должно будетъ еще выдержать жестокую борьбу, которая въ настоящее время — благодареніе небу! — уже не сопряжена съ опасностью заточенія и казни для поборниковъ новыхъ взглядовъ. Лучшее же средство — можно даже сказать, единственное средство — для ускоренія окончательнаго рѣшенія состоитъ въ томъ, чтобы возможно ближе прослѣдить тѣ выводы, къ которымъ приводятъ новыя идеи; съ этой точки зрѣнія я и прошу судить о моихъ нижеслѣдующихъ соображеніяхъ.

По принципу относительности физическій міръ, доступный нашимъ наблюденіямъ, обладаетъ четырьмя вполнѣ равноцѣнными измѣреніями, которыя могутъ быть замѣнены одно другимъ. Три изъ нихъ мы называемъ пространствомъ, а четвертое временемъ; изъ каждаго физическаго закона можно путемъ замѣны входящихъ въ него міровыхъ координатъ вывести три другихъ закона.

Верховнымъ закономъ физики, вѣнцомъ всей этой системы является—по крайней мѣрѣ, на мой взглядъ—принципъ наименьшаго дѣйствія, содержащій четыре міровыя координаты въ совершенно симметрическомъ расположеніи *). Отъ этого центральнаго принципа расходятся по четыремъ направленіямъ симметрически въ видѣ лучей четыре совершенно равнозначащихъ принципа, соотвѣтственно четыремъ измѣреніямъ міра; пространственнымъ измѣреніямъ соотвѣт-

*) Такъ какъ принципъ наименьшаго дѣйствія обыкновенно выражается интеграломъ времени, то можетъ показаться, что въ этомъ заключается нѣкоторое предпочтеніе времени (передъ другими координатами). Однако, эта односторонность лишь кажущаяся и обусловлена способомъ обозначенія. Дѣйствительно, „количество дѣйствія“ (Wirkungsquantum — величина, варіація которой становится равной нулю) какого-либо физическаго явленія представляетъ собою инваріантъ по отношенію ко всѣмъ Лоренцовымъ преобразованіямъ.

ствуетъ тройной принципъ количества движенія, временному измѣренію соотвѣтствуетъ принципъ энергіи. Прежде было бы совершенно невозможно прослѣдить глубокое значеніе и общее происхожденіе этихъ принциповъ столь глубоко, вплоть до самаго корня.

Благодаря новымъ воззрѣніямъ вопросъ объ отношеніи механистическаго міровоззрѣнія къ энергетическому тоже получаетъ новое освѣщеніе. Въ самомъ дѣлѣ, какъ энергетическое міровоззрѣніе основывается на началѣ сохраненія энергіи, такъ механистическое міропониманіе основывается на принципѣ количества движенія. Вѣдь три извѣстныя Ньютоновы уравненія движенія представляютъ собой не что иное, какъ выраженіе принципа количества движенія въ примѣненіи къ матеріальной точкѣ: согласно этимъ уравненіямъ измѣненіе количества движенія равно импульсу силы, тогда какъ по принципу энергіи оно равно работѣ силы. Оба эти міровоззрѣнія, механистическое и энергетическое, страдаютъ, слѣдовательно, извѣстной односторонностью, хотя первое имѣетъ то существенное преимущество, что соотвѣтственно съ векторіальнымъ характеромъ количества движенія оно даетъ три уравненія энергетическое же даетъ всего лишь одно уравненіе. Сказанное справедливо, понятно, не только для движенія одной лишь матеріальной точки,

но и вообще для всякаго обратимаго процесса изъ области механики, электродинамики и термодинамики.

Изъ количества движенія или энергіи движущагося тѣла можно также вывести величину его инертной массы, которая при такомъ способѣ разсматриванія теряетъ свой элементарный характеръ и спускается на степень производнаго, вторичнаго понятія. Дѣйствительно, инертная масса тѣла получается этимъ путемъ, не какъ постоянная, но какъ величина, зависящая отъ скорости *), при чемъ зависимость эта такого рода, что съ возрастаніемъ скорости тѣла до скорости свѣта инертная масса возрастаетъ безпредѣльно. Поэтому по теоріи относительности вообще невозможно довести скорость тѣла до величины, равной или превышающей величину скорости свѣта. Впрочемъ, положеніе, что инертная масса тѣла не есть величина постоянная, но, строго говоря, зависитъ даже отъ температуры, вытекаетъ совершенно помимо теоріи относительности уже изъ того обстоятельства, что каждое тѣло заключаетъ внутри себя извѣстное количество лучистой теплоты, зависящее отъ температуры; инерцію этой теплоты впервые опредѣлилъ Фрицъ Газенорль (Hasenöhrl).

*) См. цитированную статью Пуанкаре.

Теперь является неизбѣжный вопросъ: коль скоро понятіе о матеріальной точкѣ, которое до сихъ поръ всѣ считали основнымъ, теряетъ свойство постоянства и неизмѣняемости, то что же собственно остается субстанціальнаго? гдѣ же тѣ неизмѣняемые строительные элементы, изъ которыхъ сложено все физическое зданіе міра? На это можно отвѣтить слѣдующее: неизмѣняемыми элементами системы физики, основанной на принципѣ относительности, являются такъ называемыя универсальныя постоянныя: прежде всего скорость свѣта въ вакуумѣ, электрическій зарядъ и покоющаяся масса электрона, полученное изъ теплового излученія „элементарное количество дѣйствія", которое играетъ, вѣроятно, фундаментальную роль и въ химическихъ явленіяхъ, постоянныя тяготѣнія и еще многія другія. Эти величины обладаютъ реальнымъ значеніемъ постольку, поскольку ихъ значенія независимы отъ свойствъ, точки зрѣнія и „состоянія скорости" наблюдателя. Нужно, впрочемъ, имѣть въ виду, что здѣсь еще многое подлежитъ детальному выясненію. Если бы мы были въ состояніи дать удовлетворительный отвѣтъ на всѣ подобные вопросы, то физика не была бы болѣе индуктивной наукой, каковой она навѣрное останется навсегда.

Уже изъ этихъ немногихъ замѣчаній можно видѣть, что принципъ относительности отнюдь не имѣетъ исключительно разрушительнаго и разлагающаго характера, но въ несравненно болѣе высокой степени несетъ съ собой элементы порядка и созиданія: онъ отбрасываетъ въ сторону лишь форму, которая и безъ того уже разрушена подъ напоромъ непрекращающагося расширенія науки. На мѣсто стараго зданія, ставшаго слишкомъ тѣснымъ, онъ воздвигаетъ новое болѣе просторное и прочное зданіе, которое вмѣщаетъ въ себѣ всѣ сокровища стараго, — разумѣется, также и всю изображенную мною атомистику, въ измѣненной и болѣе удобной группировкѣ,— и заблаговременно оставляетъ опредѣленное мѣсто для тѣхъ сокровищъ, которыя мы вправѣ ожидать отъ будущаго. Онъ удаляетъ изъ міровой картины физики несущественные элементы, привнесенные лишь случайными чертами нашихъ человѣческихъ воззрѣній и привычекъ, и благодаря этому очищаетъ физику отъ антропоморфическихъ ингредіентовъ, возникающихъ изъ индивидуальныхъ особенностей физиковъ; какъ я пытался доказать въ другомъ мѣстѣ, совершенное удаленіе этихъ ингредіентовъ составляетъ настоящую цѣль всякаго физическаго познанія. Передъ изслѣдователемъ, ощупью пробирающимся впередъ, открывается величественная перспектива въ необозримую даль;

въ ней открываются такія зависимости, о которыхъ въ прежніе періоды не могли имѣть даже никакого представленія; онѣ должны были оставаться чуждыми даже для законченной по своей формѣ механики Генриха Герца. Всякій, кто взялъ на себя трудъ углубиться въ логику этихъ новыхъ воззрѣній, долго не сумѣетъ освободиться отъ исходящаго отъ нихъ очарованія; вполнѣ понятно, что художественную натуру безвременно отнятаго отъ науки Германа Минковскаго они зажгли яркимъ пламенемъ энтузіазма.

Но физическіе вопросы разрѣшаются не съ эстетическихъ точекъ зрѣнія, а путемъ опытовъ, которые всегда требуютъ прозаической, утомительной, терпѣливой и кропотливой работы. И высокое физическое значеніе принципа относительности сказывается какъ разъ въ томъ, что на цѣлый рядъ физическихъ вопросовъ, которые раньше оставались въ полной темнотѣ, онъ даетъ совершенно точный отвѣтъ, который можно провѣрить съ помощью опытовъ. Поэтому принципъ слѣдуетъ цѣнить, по меньшей мѣрѣ, какъ чрезвычайно плодотворную рабочую гипотезу, въ полную противоположность механическимъ гипотезамъ о свѣтовомъ эѳирѣ. Наиболѣе горячій бой завязался теперь въ области динамики электроновъ, которая сдѣлалась доступной для болѣе тонкихъ наблюденій благодаря открытію электриче-

скаго и магнитнаго отклоненія свободно летящихъ электроновъ. Въ различныхъ лабораторіяхъ независимо другъ отъ друга усердно работаютъ опытные изслѣдователи и искусные экспериментаторы. Вначалѣ казалось, что результаты измѣреній противорѣчатъ принципу относительности, тогда какъ въ настоящее время стрѣлка вѣсовъ, повидимому, опять склоняется въ пользу нашего принципа; тѣмъ съ большимъ нетерпѣніемъ должны мы ожидать исхода этой борьбы!

Глаза множества физиковъ и друзей физики обращены на эти фундаментальные опыты, и точно такъ же наше Общество выразило свой интересъ къ нимъ, удѣливъ часть доходовъ съ капитала имени Тренкле въ пользу экспериментальнаго изслѣдованія такого рода. Будемъ надѣяться, что и оно окажетъ существенное содѣйствіе для разрѣшенія этой проблемы.

Къ чему бы ни привело ожидаемое рѣшеніе,— выдержитъ ли принципъ относительности это испытаніе, или же мы должны будемъ отказаться отъ него, дѣйствительно ли мы находимся у порога совершенно новаго воззрѣнія на природу, или же и новые успѣхи не выведутъ насъ изъ темноты,— ясность должна быть достигнута во всякомъ случаѣ и какой бы то ни было цѣной. Даже разочарованіе, если только оно основательное и окончательное, означаетъ шагъ впередъ, и жертвы, съ

которыми сопряженъ отказъ отъ принятой теоріи, щедро окупятся сокровищами вновь пріобрѣтеннаго знанія. Смѣю думать, что эти слова вполнѣ соотвѣтствуютъ духу нашего Общества, которому нужно вмѣнить въ особую заслугу, что оно никогда не связывало себя напередъ установленнымъ научнымъ маршрутомъ, и рѣшительно отклоняло всякія попытки въ этомъ направленіи. Мы не должны сомнѣваться, что такъ останется и въ будущемъ, и что нашъ лозунгъ какъ въ физикѣ, такъ и во всемъ естествознаніи будетъ неустанно вести насъ впередъ къ свѣту истины, что бы насъ ни ожидало.




MATHESIS